自交可育甜荞、金苦荞、米苦荞不同品系总黄酮、粗蛋白及其蛋白组分含量研究

冉盼[1]，杨丽娟[2]，崔娅松[3]，蔡齐宗[1]，夏宇飞[1]，陈庆富[1*]

(1. 贵州师范大学 荞麦产业技术研究中心，贵阳 550001；2. 山师华清鲁甸崇文高级中学，云南 昭通 657000；3. 文山市第一中学，云南 文山 663000)

摘 要：为探究荞麦新品种的营养保健价值，该文对自交可育甜荞、金苦荞、米苦荞共 56 个不同品系荞麦种子的粗蛋白、总黄酮、蛋白组分含量及其果实性状的变异进行了研究。结果表明：甜荞、金苦荞、米苦荞种子中粗蛋白含量平均值分别为 13.19%、15.44%、11.75%，总黄酮含量平均值分别为 0.14%、2.50%、2.09%，清蛋白含量的平均值分别为 5.22%、6.13%、4.56%，球蛋白含量的平均值分别为 1.29%、1.15%、0.91%，醇溶蛋白含量的平均值分别为 0.42%、0.58%、0.55%，谷蛋白含量的平均值分别为 2.66%、3.36%、2.80%，三种荞麦的蛋白组分均符合清蛋白>谷蛋白>球蛋白>醇溶蛋白。果实性状中，甜荞果实千粒重、果实面积、果实直径的变异系数最大，米苦荞果实周长、果实长宽比、果实长、果实宽和 50 mL 容重的变异系数最大。相关分析表明：甜荞种子粗蛋白含量与果实长宽比、果实长，金苦荞种子粗蛋白含量与果实周长、果实长，米苦荞种子粗蛋白含量与果实宽、总黄酮含量与果实面积、果实宽、果实直径、50 mL 容重的相关性均达到了显著或极显著水平。该研究筛选出甜荞（1808-166 贵甜 2 号优系）、金苦荞（多苦 74、多苦 78）、米苦荞（1906-136 黑米荞麦、43-2）等高蛋白含量或高黄酮含量的荞麦品系。上述结果对荞麦优良品种的选育和荞麦新产品的开发具有一定的指导意义。

关键词：自交可育甜荞，金苦荞，米苦荞，粗蛋白，总黄酮，果实性状

中图分类号：Q946　　　　**文献标识码：**A

收稿日期：2020-09-10

基金项目：贵州省科技计划项目(黔科合成果[2019]4334 号)；国家自然科学基金(31860408)；国家燕麦荞麦现代农业产业技术体系专项资金(CARS-07-A5)；贵州省高层次创新型人才培养对象十百千计划(2014GZ97588)； 贵州省特色杂粮体系(黔科合支撑[2017]2505)；贵州省农业科技支撑计划(黔科合支撑[2018]2320)[Supported by Science and Technology Project in Guizhou Province (Qiankehe Chenguo [2019]4334); the National Natural Science Foundation of China (31860408); National Oat Buckwheat Modern Agricultural Industry Technical System Special Funds (CARS-07-A5); Guizhou Province High Level Innovative Talents Training Target (2014GZ97588); Guizhou Province Characteristic Miscellaneous Grain System (Qiankehe support ([2017]2505); Agricultural Science and Technology Support Program in Guizhou Province (Qiankehe support [2018]2320)]。

作者简介：冉盼(1996-)，男(土家族)，重庆人，硕士研究生，研究方向为荞麦属植物遗传育种，(E-mail)ranpanr@163.com。

[*]**通信作者：**陈庆富，教授，硕士研究生和博士研究生导师，研究方向为作物遗传育种，(E-mail)cqf1966@163.com。

Analysis of total flavonoids, crude protein and its components in different lines of common buckwheat, rice tartary buckwheat and golden tartary buckwheat

RAN Pan[1], YANG Lijuan[2], CUI Yasong[3], CAI Qizong[1], XIA Yufei[1], CHEN Qingfu[1*]

(1. *Research Center of Buckwheat Industry Technology*, *Guizhou Normal University*, Guiyang 550001, China；2. *Shangshi Huaqing Ludian Chongwen Middle School*, Zhaotong 657000, Yunnan, China；3. *Wenshan No.1 Middle School*, Wenshan 663000, Yunnan, China)

Abstract: In order to explore the nutritional and health value of buckwheat varieties, the variation of crude protein, total flavonoids, protein components and fruit characters of 56 different lines strains of buckwheat seeds were studied. The results were as follows: Common buckwheat, rice tartary buckwheat and golden tartary buckwheat seeds have crude protein content average of 13.19%, 15.44% and 11.72%, respectively, total flavonoids average of 0.14%, 2.50%, and 2.09%, the average of albumin content of 5.22%, 6.13% and 4.56%, respectively, the average of globulin content of 1.29%, 1.15%, and 0.91% respectively, the average of gliadin content of 0.42%, 0.58%, and 0.55%, respectively, and the average of glutenin content of 2.66%, 3.36%, and 2.80%, respectively. The protein component content orders of all types of buckwheat were in accordance with albumin > glutenin > globulin > gliadin. Among the fruit traits, the variation coefficient of 1 000-fruits weight, fruit area and diameter of common buckwheat were the largest, and the variation coefficient of fruit perimeter, fruit length-width ratio, fruit length, fruit width and 50 mL volumetric weight of rice tartary buckwheat fruit were the largest. Correlation analysis showed that: There are significant or much significant correlations between crude protein content and length-width ratio and fruit length in common buckwheat, between crude protein content and fruit perimeter and fruit length in golden buckwheat, between crude protein content and fruit width, between total flavonoids content and fruit area, fruit width, fruit diameter and 50 mL volumetric weight in rice tartary buckwheat fruits. Through the study, the buckwheat lines with high protein content or high flavonoid content, such as common buckwheat Guitian 1808-166, golden tartary buckwheat (Duoku74, Duoku78),black rice buckwheat (1906-136 and 43-2) were found. The results in this study have some guiding significance for the quality breeding of buckwheat and the development of new buckwheat products.

Key words: self-fertile common buckwheat, golden tartary buckwheat, rice tartary buckwheat, crude protein, total flavonoids, fruit characters

荞麦是蓼科（Polygonaceae）荞麦属（*Fagopyrum*）草本植物，为一年生或多年生，有约 23 个物种，其中甜荞（*Fagopyrum esculentum*）和苦荞（*Fagopyrum tataricum*）是两个主要的粮用栽培种（李安仁，1998）。荞麦不仅含有人体需要五大基本营养要素，而且还含有丰富的芦丁、槲皮素等黄酮类化合物（尹礼国等，2002）。因此，荞麦制品具有很好的营养与保健功能。

蛋白质是荞麦的主要营养活性成分（杜双奎等，2004），荞麦种子蛋白质的平均含量要高于水稻、玉米等主要粮食作物（杨玉霞，2008）。研究表明，荞麦蛋白质必需氨基酸配比

平衡（舒守贵等，2005；阮景军和陈惠，2008）。荞麦蛋白质还具有降低血液胆固醇（Kayashita et al., 1997）、抗衰老（张政等，1999）、抗癌（Kayashita et al., 1999；Liu et al., 2001）、抑制胆结石（Tomotake et al., 2002）、抑制脂肪蓄积（Kayashita et al., 1995）、降血压（尹礼国等，2002）和抗白血病（王宏伟等，2002）等作用。因此，荞麦是一种极具开发价值的蛋白质资源。荞麦蛋白质按其溶解特性可分为清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白，其中谷蛋白是体现荞麦面团面筋性质的主要蛋白质（陈庆富，2012），在面筋类食品上具有一定的开发价值。此外，荞麦中还含有其他谷物不具备的黄酮类化合物，黄酮是荞麦发挥保健功能的主要成分（赵飞和王转花，2008），长期食用有降低高血压、预防心血管疾病、抗氧化、抗癌等作用（蒲升惠等，2019）。

甜荞由于自交不亲和，天然结实率低，导致产量低而不稳。苦荞一般都是厚壳且难以脱壳，脱壳工艺是先浸泡、蒸熟、干燥后再脱壳，这会导致品质受损（陈庆富，2018）。对此，我们通过自交不亲和甜荞和野生型自交可育甜荞之间杂交、厚壳苦荞与薄壳苦荞之间杂交、金荞麦与苦荞之间的种间远缘杂交，培育出来了一批自交可育甜荞、米苦荞（又称薄壳苦荞）、金苦荞（又称多苦荞）等新品种（系）（Chen,1999；陈庆富等，2015；Chen et al., 2018），这些品种不同于常规的自交不亲和甜荞和厚壳苦荞，被称为新类型荞麦。郭超（2016）和候亚芳（2018）对自交可育甜荞杂交后代主要农艺性状进行了遗传分析。崔娅松等（2019）对米苦荞果壳率与其相关性状进行了分析。杨丽娟等（2020）以 6 个多苦荞为材料，研究了播种季节和种植方式对多苦荞主要农艺性状的影响。前人对新类型荞麦的研究主要集中在农艺性状的变异及相关性研究方面，缺乏对新类型荞麦的品质分析及品质指标与果实性状关系的探讨。因此，开展新类型荞麦的品质及果实性状研究对于成果转化、推进荞麦产业的发展有重要意义。

本研究以 3 个栽培荞麦种类 56 个不同品系的新类型荞麦为材料，进行品质性状和果实性状的变异研究，探讨品质指标与果实性状的相关性，筛选出高蛋白、黄酮的荞麦品系，为荞麦优质品种的选育和新类型荞麦品质评价提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究选取的 56 个供试材料均来自贵州师范大学荞麦产业技术研究中心（RCBIT），包括 9 份甜荞品系，9 份金苦荞品系，38 份米苦荞品系，详见表 1。

表 1 供试品系名称及特点

Table 1 Name and traits of sample

品系编号 Line number	品系名称 Name of the lines	学名 Species name	特点 Traits	来源 Source
T1	1808-166 贵甜 2 号优系	*F. esculentum*	自交可育，花柱同长 Self-fertility and homostyly	RCBIT
T2	大甜 1 号	*F. esculentum*	自交不亲和，花柱异长 Self-incompatibility and heterostyly	RCBIT
T3	1412-23	*F. esculentum*	自交可育，花柱同长 Self-fertility and homostyly	RCBIT
T4	六 1412-16	*F. esculentum*	自交可育，花柱同长 Self-fertility and homostyly	RCBIT
T5	1412-45	*F. esculentum*	自交可育，花柱同长 Self-fertility and homostyly	RCBIT
T6	1412-1	*F. esculentum*	自交可育，花柱同长 Self-fertility and homostyly	RCBIT
T7	1412-16	*F. esculentum*	自交可育，花柱同长 Self-fertility and homostyly	RCBIT
T8	1412-69	*F. esculentum*	自交可育，花柱同长 Self-fertility and homostyly	RCBIT
T9	1412-1 绿秆	*F. esculentum*	自交可育，花柱同长 Self-fertility and homostyly	RCBIT
D1	多苦 74	*F. tatari-cymosum*	自交可育，大粒 Self-fertility and large fruits	RCBIT

D2	多苦 78	*F. tatari-cymosum*	自交可育，大粒 Self-fertility and large fruits	RCBIT
D3	多苦 1512-15	*F. tatari-cymosum*	自交可育，大粒 Self-fertility and large fruits	RCBIT
D4	多苦 1512-72	*F. tatari-cymosum*	自交可育，大粒 Self-fertility and large fruits	RCBIT
D5	多苦 1512-75	*F. tatari-cymosum*	自交可育，大粒 Self-fertility and large fruits	RCBIT
D6	多苦 003	*F. tatari-cymosum*	自交可育，大粒 Self-fertility and large fruits	RCBIT
D7	多苦 002	*F. tatari-cymosum*	自交可育，大粒 Self-fertility and large fruits	RCBIT
D8	多苦 1512-28	*F. tatari-cymosum*	自交可育，大粒 Self-fertility and large fruits	RCBIT
D9	1808-2 自生多苦	*F. tatari-cymosum*	自交可育，大粒 Self-fertility and large fruits	RCBIT
M1	黑米 B 后湾 A3-A4	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M2	1808-99 翅米荞	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M3	1808-97 黑米 16	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M4	1808-103 翅米苦	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M5	1808-137 黑米 30	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M6	1908-136 黑米荞	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M7	1808-147 黄米荞	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M8	1808-98 黄米荞 优系	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M9	1808-104 米 10 黄粒	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M10	黑米 14-2	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M11	黑米 14-1	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M12	黑米 15	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M13	1808-120 黑米 16	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M14	黑米 12 后湾 A1-A2	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M15	黑米 16	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M16	1808-90 多苦 003 中黑米	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M17	黑米 12 黑黄粒分离	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M18	黑米 6	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M19	六 0 米 5-1	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M20	米 18	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M21	黑米 13	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M22	黑米 28	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M23	1512 黑米 15	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M24	黑米 E	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M25	黑米 17	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M26	黑米 B	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M27	米 5-1	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M28	黑米 D	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M29	黑米 G	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M30	米 5	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M31	米 18 优系	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M32	C3 黑米 30	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M33	黑米 12	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M34	米 11	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M35	1512 黑米 16	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT

M36	43-2	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M37	米 13	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT
M38	米 127	*F. tataricum*	易脱壳 Easy to deshell	RCBIT

1.2 方法

1.2.1 材料处理

各品系选择饱满、大小基本一致的荞麦果实烘干，取 10~15 g 用镊子小心剥去荞麦外壳，研磨成粉末备用。

1.2.2 种子总黄酮含量的测定

荞麦种子总黄酮的提取与测定采用乙醇浸提法和三氯化铝比色法（王涛和段淑敏，2012；王璐瑗等，2019）。

1.2.2.1 种子总黄酮的提取

称取荞麦粉末 0.05 g 于 2 mL 离心管，加入 1.5 mL80%乙醇于 70 ℃水浴锅中浸提 5 h（每 30 min 震荡混匀一次），然后超声提取 10 min，在 8 000 r·min^{-1} 下离心 10 min，取上清液并用 80%乙醇定容至 5 mL 作为待测液。

1.2.2.2 总黄酮含量的测定

先绘制标准曲线，以芦丁作为标准对照品。取 8 个 2 mL 离心管，分别加入浓度为 0、0.05、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30、0.35 mg·mL^{-1} 的芦丁标准品溶液 0.10 mL，各管分别加入 1.0 mL 1%AlCl 溶液，涡旋混匀，用酶标仪在 420 nm 波长下测吸光度。以浓度值 C 为横坐标，吸光度值 A 为纵坐标，绘制芦丁标准曲线。

另取 0.10 ml 待测样品溶液于 2 mL 离心管中，加入 1.0mL 1%AlCl 溶液，涡旋混匀，用酶标仪在 420 nm 波长下测吸光度值，带入标准曲线计算出种子中总黄酮的含量。

1.2.3 种子蛋白组分测定

1.2.3.1 种子蛋白组分的提取

荞麦种子蛋白组分的提取采用顺序提取法（张启迪等，2017）。称取荞麦粉末 0.500 g 置于 5 mL 离心管中，先用 0.01 mol·L^{-1} Tris-HCl 溶液（pH7.5）提取清蛋白，再用 0.01 mol·L^{-1} Tris-HCl（pH7.5）、0.5 mol·L^{-1} NaCl 溶液提取球蛋白，再用 60%正丙醇溶液提取醇溶蛋白，再用 0.5% 酒石酸钠、0.24% 硫酸铜、1.68%氢氧化钾、50%正丙醇混合溶液提取谷蛋白。

1.2.3.2 蛋白组分含量的测定

荞麦蛋白组分的测定采用考马斯亮蓝比色法（李玉花，2011）。先绘制荞麦蛋白各组分标准曲线，取 7 个 5 mL 离心管，分别加入 1.0 mg·mL^{-1} 标准蛋白质溶液：0、0.01、0.02、0.04、0.06、0.08、0.10，分别用各组分提取液补充到 0.10 mL，各管分别加入 3.0 mL 考马斯亮蓝溶液，涡旋混匀，放置 2 min 后用酶标仪在 595 nm 波长下测吸光度。以浓度值 C 为横坐标，吸光度值 A 为纵坐标，绘制各组分标准曲线。

另取 0.01 mL 待测样品溶液于 5 mL 离心管，加入相应的提取液 0.09 mL 进行稀释（使其质量浓度在标准曲线范围内），加入 3.0 mL 考马斯亮蓝溶液，混匀放置 2 min 用酶标仪在 595 nm 波长下测定吸光度值，带入标准曲线计算出各组分的含量。

1.2.4 种子粗蛋白测定

粗蛋白的测定参照《食品安全国家标准食品中的蛋白质的测定》GB5009.5-2016 中的自动凯氏定氮法进行检测，使用的仪器为全自动凯式定氮仪（型号 ATN-300），利用指示剂，标准液进行滴定，最后计算出种子中粗蛋白含量。

1.2.5 果实性状的考察

随机选取各品系荞麦果实 200 粒，用万深 SC-A 型种子数粒及千粒重仪（杭州万深检测科技有限公司）测定千粒重、果实长、果实宽、果实直径等性状。将各品系荞麦果实装满

50 mL 容器中，称重，取 3 次重复平均值为 50 mL 容重。

1.2.6 数据处理和分析

使用软件 EXCEL 和 SPSS 22.0 对数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 甜荞不同品系粗蛋白、总黄酮、蛋白组分含量的变异

结果如表 2 所示，测试的甜荞品系中，粗蛋白含量的变异范围在 12.48%~14.05%，总黄酮的变异范围在 0.07%~0.21%，清蛋白的变异范围在 3.93%~6.64%，球蛋白的变异范围在 0.94%~1.72%，醇溶蛋白的变异范围在 0.28%~0.52%，谷蛋白的变异范围在 1.13%~4.24%。粗蛋白含量最高的是 T1，为 14.05%；总黄酮含量最高的是 T3，为 0.21%；清蛋白含量最高的是 T4，为 6.64%；球蛋白含量最高的是 T6，为 1.72%；醇溶蛋白含量最高的是 T3，为 0.52 %；谷蛋白含量最高的是 T6，为 4.24%。

表 2 甜荞不同品系粗蛋白、总黄酮、蛋白组分差异

Table 2 Differences in crude protein, total flavonoids and protein components among different common buckwheat lines

品系编号 Line number	粗蛋白含量 Crude protein content （%）	总黄酮含量 Total flavonoids content （%）	清蛋白含量 Albumin content （%）	球蛋白含量 Globulin content （%）	醇溶蛋白含量 Gliadin content （%）	谷蛋白含量 Glutenin content （%）
T1	14.05±0.10a	0.18±0.01b	3.93±0.69b	1.14±0.34b	0.28±0.11b	2.11±0.21bc
T2	13.97±0.35a	0.13±0.01d	4.90±0.61ab	1.32±0.36ab	0.38±0.08ab	1.72±0.18bc
T3	13.57±0.42ab	0.21±0.01a	4.73±0.82ab	1.10±0.25b	0.52±0.09a	2.65±0.37b
T4	12.92±0.16b	0.16±0.01c	6.64±0.31a	1.59±0.09ab	0.41±0.07ab	2.22±0.08b
T5	13.22±0.39b	0.15±0.01c	5.49±0.18ab	1.41±0.26ab	0.49±0.05a	3.26±0.70ab
T6	12.84±0.21bc	0.07±0.01e	5.09±1.70ab	1.72±0.31a	0.52±0.20a	4.24±0.52a
T7	12.75±0.27bc	0.07±0.01e	6.11±0.41ab	1.39±0.14ab	0.51±0.12a	4.16±0.32a
T8	12.48±0.21c	0.17±0.01bc	5.80±2.63ab	0.94±0.05b	0.26±0.13b	1.13±0.31c
T9	12.92±0.26bc	0.15±0.01c	4.34±0.99ab	1.03±0.46b	0.37±0.08ab	2.45±1.35b
变异范围 Variation range	12.48~14.05	0.07~0.21	3.93~6.64	0.94~1.72	0.28~0.52	1.13~4.24
均值 Average	13.19	0.14	5.22	1.29	0.42	2.66
标准偏差 Standard deviation	0.56	0.05	0.87	0.24	0.10	1.17
变异系数 *CV*（%）	4.21	33.69	16.60	18.97	24.14	43.90

注：同列数据后不同小写字母表示差异显著（$P≤0.05$）。下同。

Note：Different lowercase letters in the same column indicate significant differences（$P≤0.05$）. The same below.

2.2 金苦荞不同品系粗蛋白、总黄酮、蛋白组分含量的变异

结果如表 3 所示，测试的金苦荞品系中，粗蛋白含量的变异范围在 13.44%~18.20%，黄酮含量的变异范围在 2.32%~2.81%，清蛋白的变异范围在 4.42%~7.30%，球蛋白的变异范围在 0.90%~1.40%，醇溶蛋白的变异范围在 0.27%~0.79%，谷蛋白的变异范围在 2.19%~4.33%。粗蛋白含量最高的是 D2，为 18.20%；总黄酮含量最高的是 D1，为 2.81%；清蛋白含量最高的是 D3，为 7.30%；球蛋白含量最高的是 D5，为 1.40%；醇溶蛋白含量最高的是 0.79 %，谷蛋白含量最高的是 D4，为 4.33%。

表 3 金苦荞不同品系粗蛋白、总黄酮、蛋白组分差异

Table 3 Differences in crude protein, total flavonoids and protein components among different

golden tartary buckwheat lines

品系编号 Line number	粗蛋白含量 Crude protein content （%）	总黄酮含量 Total flavonoids content （%）	清蛋白含量 Albumin content （%）	球蛋白含量 Globulin content （%）	醇溶蛋白含量 Gliadin content （%）	谷蛋白含量 Glutenin content （%）
D1	14.44±0.38e	2.81±0.11a	5.29±2.27ab	1.14±0.48a	0.48±0.06ab	2.19±0.70b
D2	18.20±0.46a	2.57±0.16bc	6.20±1.41ab	0.90±0.15a	0.27±0.12b	2.55±0.46b
D3	16.84±0.10b	2.43±0.04c	7.30±1.30a	1.14±0.45a	0.47±0.24ab	3.01±0.19ab
D4	14.83±0.15de	2.63±0.09b	5.59±2.39ab	1.11±0.52a	0.49±0.14ab	4.33±1.15a
D5	14.95±0.15d	2.47±0.05c	6.22±1.42ab	1.40±0.40a	0.79±0.19a	4.11±0.81ab
D6	15.82±0.25c	2.47±0.11c	6.95±0.86ab	1.15±0.38a	0.65±0.31a	3.99±0.79ab
D7	15.35±0.33cd	2.42±0.10c	6.04±1.81ab	1.29±0.48a	0.66±0.14a	3.67±0.70ab
D8	15.12±0.27d	2.42±0.01c	7.18±1.12ab	1.20±0.33a	0.73±0.25a	2.52±0.34b
D9	13.44±0.24f	2.32±0.06c	4.42±1.48b	1.05±0.46a	0.66±0.21a	3.89±1.89ab
变异范围 Variation range	13.44~18.20	2.32~2.81	4.42~7.30	0.90~1.40	0.27~0.79	2.19~4.33
均值 Average	15.44	2.48	6.13	1.18	0.59	3.32
标准偏差 Standard deviation	1.39	0.15	0.94	0.17	0.16	0.87
变异系数 *CV*（%）	9.00	6.03	15.35	14.30	26.71	26.26

2.3 米苦荞不同品系粗蛋白、总黄酮、蛋白组分含量的变异

结果如表 4 所示，测试的米苦荞品系中，粗蛋白含量的变异范围在 9.48%~14.19% ，总黄酮的变异范围在 1.63%~2.56%，清蛋白的变异范围在 2.68%~7.01%，球蛋白的变异范围在 0.42%~1.29%，醇溶蛋白的变异范围在 0.17%~0.75%，谷蛋白的变异范围在 1.74%~3.99%。粗蛋白含量最高的是 M6，为 14.19%；总黄酮含量最高的是 M38，为 2.56%；清蛋白含量最高的是 M6，为 7.01%；球蛋白含量最高的是 M26，为 1.29%；醇溶蛋白含量最高的是 M29，为 0.75%；谷蛋白含量最高的是 M12，为 3.99%。

表 4 米苦荞不同品系粗蛋白、总黄酮、蛋白组分差异

Table 4 Differences in crude protein, total flavonoids and protein components among different rice tartary buckwheat lines

品系编号 Line number	粗蛋白含量 Crude protein content （%）	总黄酮含量 Total flavonoids content （%）	清蛋白含量 Albumin content （%）	球蛋白含量 Globulin content （%）	醇溶蛋白含量 Gliadin content （%）	谷蛋白含量 Glutenin content （%）
M1	10.59±0.08fg	1.99±0.12de	3.03±1.06c	0.81±0.32bc	0.46±0.01b	3.23±1.29ab
M2	10.63±0.12f	1.63±0.03f	5.06±1.17b	0.94±0.12ab	0.48±0.02b	3.28±0.80ab
M3	11.41±0.13e	1.90±0.09e	5.29±1.16ab	0.70±0.16bc	0.55±0.03ab	3.23±0.41ab
M4	9.48±0.14h	1.72±0.04f	4.94±0.87bc	0.65±0.34bc	0.55±0.12ab	2.74±0.61ab
M5	10.21±0.24g	1.75±0.24f	5.07±1.16b	0.84±0.39b	0.56±0.02ab	2.68±0.8ab
M6	14.19±0.07a	2.24±0.05c	7.01±1.39a	1.00±0.33ab	0.53±0.05ab	2.64±0.78ab
M7	9.78±0.31h	1.74±0.04f	3.55±1.17bc	0.58±0.03bc	0.56±0.27ab	2.41±0.71b
M8	11.21±0.08e	1.63±0.01f	3.46±1.12bc	1.03±0.09ab	0.32±0.09bc	2.91±0.77ab
M9	9.99±0.17gh	1.95±0.1de	3.20±0.75c	0.80±0.33bc	0.61±0.34ab	2.58±1.17ab
M10	9.72±0.24h	1.93±0.08de	2.68±0.05c	0.67±0.23bc	0.29±0.08bc	2.67±1.22ab
M11	10.20±0.17gh	1.99±0.07de	3.69±0.33bc	0.85±0.37b	0.75±0.13a	3.61±0.38ab
M12	10.75±0.21f	1.83±0.02ef	4.48±0.84bc	1.00±0.70ab	0.43±0.14b	3.99±0.66a

M13	11.2±0.34ef	1.77±0.09ef	3.50±1.43bc	0.64±0.13bc	0.34±0.11bc	3.91±0.35a
M14	10.07±0.08gh	2.56±0.09a	3.12±0.57c	0.42±0.05c	0.17±0.04c	3.13±0.46ab
M15	12.00±0.18d	1.90±0.03e	4.96±1.91bc	0.64±0.15bc	0.41±0.01bc	3.21±3.01ab
M16	9.60±0.12h	2.02±0.05de	3.22±1.71bc	0.59±0.18bc	0.36±0.03bc	2.62±0.3ab
M17	11.79±0.18de	1.80±0.03ef	4.88±1.63bc	1.13±0.30ab	0.47±0.1b	2.68±0.7ab
M18	11.43±0.1e	1.83±0.05ef	4.30±1.95bc	1.12±0.17ab	0.38±0.09bc	2.69±0.82ab
M19	13.82±0.56ab	1.71±0.08f	5.30±0.60ab	1.02±0.13ab	0.48±0.13b	2.78±1.14ab
M20	12.93±0.12c	2.04±0.07d	5.66±0.39ab	1.14±0.26ab	0.34±0.16bc	2.77±1.14ab
M21	12.14±0.21d	2.35±0.05bc	5.03±0.71bc	0.74±0.06bc	0.48±0.07b	2.27±0.57b
M22	12.55±0.08cd	2.27±0.19c	3.84±0.51bc	0.84±0.10b	0.46±0.13b	1.74±0.86b
M23	11.93±0.51d	2.38±0.09bc	3.84±1.28bc	0.90±0.20ab	0.17±0.05c	2.10±0.23b
M24	12.06±0.14d	2.42±0.04b	4.68±0.78bc	0.85±0.21b	0.33±0.08bc	2.95±0.39ab
M25	14.11±0.25a	2.15±0.09cd	4.04±0.89bc	0.81±0.25bc	0.48±0.25b	3.25±0.48ab
M26	12.67±0.26c	1.85±0.09ef	5.27±0.55ab	1.29±0.16a	0.30±0.02bc	2.93±1.68ab
M27	12.02±0.28d	2.46±0.08ab	5.20±1.08ab	1.10±0.20ab	0.31±0.08bc	2.74±0.14ab
M28	12.04±0.12d	2.47±0.13ab	4.81±1.22bc	0.95±0.24ab	0.54±0.11ab	2.22±0.1b
M29	13.07±0.76bc	2.39±0.15bc	4.61±1.11bc	1.02±0.35ab	0.75±0.17a	2.73±0.47ab
M30	12.80±0.30c	1.79±0.04ef	5.82±0.71ab	1.22±0.27ab	0.54±0.11ab	3.22±0.7ab
M31	13.05±0.11bc	2.16±0.04cd	5.05±0.78b	1.14±0.30ab	0.70±0.12ab	2.93±0.15ab
M32	13.41±0.41b	2.49±0.09ab	4.45±1.09bc	0.94±0.19ab	0.61±0.16ab	2.72±0.24ab
M33	11.06±0.12ef	2.07±0.03d	4.82±1.75bc	0.96±0.13ab	0.54±0.13ab	3.51±0.27ab
M34	12.77±0.11c	2.44±0.07ab	4.76±1.12bc	1.11±0.27ab	0.68±0.27ab	3.47±0.33ab
M35	12.16±0.12d	2.17±0.02c	5.23±1.38ab	1.10±0.2ab	0.61±0.19ab	3.46±0.77ab
M36	11.36±0.31e	2.28±0.04bc	4.85±1.53bc	0.97±0.26ab	0.56±0.3ab	3.11±0.33ab
M37	12.91±0.04c	2.49±0.01ab	4.84±0.97bc	0.88±0.03ab	0.73±0.28a	3.87±0.59a
M38	12.10±0.16d	2.56±0.06a	5.43±1.17ab	1.18±0.24ab	0.71±0.11ab	3.60±1.07ab
变异范围 Variation range	9.48~14.19	1.63~2.56	2.68~7.01	0.42~1.29	0.17~0.75	1.74~3.99
均值 Average	11.75	2.09	4.56	0.91	0.55	2.80
标准偏差 Standard deviation	1.32	0.29	0.92	0.20	0.14	0.63
变异系数 *CV*（%）	11.22	13.89	20.15	22.14	26.04	22.46

2.4 不同类型荞麦蛋白、黄酮、蛋白组分的差异

结果如表 5 所示，通过对供试甜荞、金苦荞和米苦荞的粗蛋白、黄酮以及蛋白组分的均值进行比较，金苦荞的粗蛋白、黄酮含量显著高于甜荞和米苦荞，金苦荞的谷蛋白含量也是最高，并且显著高于甜荞，与米苦荞差异不显著；粗蛋白含量最低的是米苦荞，且米苦荞的粗蛋白和球蛋白显著低于甜荞和金苦荞；总黄酮和谷蛋白含量最低的是甜荞，且甜荞的总黄酮和谷蛋白显著低于金苦荞和米苦荞。

表 5 不同类型荞麦间粗蛋白、总黄酮、蛋白组分含量平均数的差异比较

Table 5 Comparison of mean contents of crude protein, total flavonoids and protein components among buckwheat types

类型 Types	粗蛋白含量 Crude protein content （%）	总黄酮含量 Total flavonoid content （%）	清蛋白含量 Albumin content（%）	球蛋白含量 Globulin content（%）	醇溶蛋白含量 Gliadin content（%）	谷蛋白含量 Glutenin content（%）

CB	13.19±0.55b	0.14±0.05c	5.22±0.87b	1.29±0.24a	0.42±0.10b	2.66±1.17b
GTB	15.44±1.39a	2.50±0.15a	6.13±0.94a	1.18±0.17a	0.59±0.16a	3.32±0.87a
RTB	11.75±1.32c	2.09±0.29b	4.56±0.92b	0.91±0.20b	0.55±0.14b	2.80±0.63ab

注：**CB**. 甜荞；**PTB**. 金苦荞；**RTB**. 米苦荞。下同。

Note：**CB**. Common buckwheat；**GTB**. Golden tartary buckwheat；**RTB**. Rice tartary buckwheat. The same below.

2.5 不同类型荞麦果实性状的变异

通过对荞麦果实性状进行考察（表 6），不同类型荞麦的果实性状存在不同程度的变异。供试甜荞中，果实千粒重变异范围在 28.21~47.23 g，均值为 33.50 g；果实面积变异范围为 18.64~27.08 mm^2，均值为 20.60 mm^2；果实周长变异范围为 17.12~20.90 mm，均值为 18.02 mm；果实长宽比变异范围为 1.36~1.59，均值为 1.43；果实长变异范围为 6.06~7.61 mm，均值为 6.47 mm；果实宽变异范围为 4.26~5.22 mm，均值为 4.56 mm；果实直径变异范围为 4.85~5.84 mm，均值为 5.08 mm；50 mL 容重变异范围为 22.06~25.74 g，均值为 23.81 g。

金苦荞中，果实千粒重变异范围为 29.33~42.75 g，均值为 34.81 g；果实面积变异范围为 16.03~20.91 mm^2，均值为 17.71 mm^2；果实周长变异范围为 16.19~18.91 mm,均值为 16.99 mm；果实长宽比变异范围为 1.27~1.50，均值为 1.39；果实长变异范围为 5.44~6.78 mm，均值为 5.89 mm;果实宽变异范围为 3.96~4.56 mm，均值为 4.29 mm；果实直径变异范围为 4.50~5.14 mm，均值为 4.72 mm；50 mL 容重变异范围为 22.37~24.59 g，均值为 23.49 g。

米苦荞中，果实千粒重变异范围为 11.70~20.16 g，均值为 13.89 g；果实面积变异范围为 7.45~11.88 mm^2，均值为 8.65 mm^2；果实周长变异范围为 10.59~13.76 mm，均值为 11.55 mm；果实长宽比变异范围为 1.25~1.75，均值为 1.44；果实长变异范围为 3.71~5.25 mm，均值为 4.13 mm；果实宽变异范围为 2.58~3.62 mm，均值为 2.90 mm；果实直径变异范围为 3.07~3.86 mm，均值为 3.29 mm；50 mL 容重变异范围为 22.00~28.66 g，均值为 25.92 g。

表 6 不同类型荞麦果实性状的变异

Table 6 Variation of fruit characters of buckwheat types

果实性状 Fruit character	类型 Types	变异范围 Variation range	标准偏差 Standard deviation	均值 Average	变异系数 *CV*（%）	极差 Range
千粒重 1 000-fruits weight（g）	CB	28.21~47.23	5.92	33.50a	17.66	19.02
	PTB	29.33~42.75	3.69	34.81a	10.60	13.42
	RTB	11.70~20.16	2.04	13.89b	14.70	8.45
果实面积 Fruit area（mm^2）	CB	18.64~27.08	2.58	20.60a	12.53	8.44
	PTB	16.03~20.91	1.39	17.71b	7.88	4.88
	RTB	7.45~11.88	1.03	8.65c	11.93	4.43
果实周长 Fruit perimeter（mm）	CB	17.12~20.90	1.15	18.02a	6.40	3.78
	PTB	16.19~18.91	0.79	16.99b	4.63	2.72
	RTB	10.59~13.76	0.81	11.55c	6.98	3.18
果实长宽比 Fruit length-width ratio	CB	1.36~1.59	0.07	1.43a	4.76	0.23
	PTB	1.27~1.50	0.08	1.39a	5.89	0.23
	RTB	1.25~1.75	0.12	1.44a	8.12	0.51
果实长 Fruit length（mm）	CB	6.06~7.61	0.48	6.47a	7.42	1.55
	PTB	5.44~6.78	0.37	5.89b	6.32	1.35
	RTB	3.71~5.25	0.31	4.13c	7.39	1.54
果实宽（mm） Fruit width	CB	4.26~5.22	0.28	4.56a	6.10	0.96
	PTB	3.96~4.56	0.18	4.29b	4.11	0.60
	RTB	2.58~3.62	0.21	2.90c	7.27	1.04
果实直径	CB	4.85~5.84	0.31	5.08a	6.01	1.00

Fruit diameter（mm）	PTB	4.50~5.14	0.18	4.72b	3.86	0.64
	RTB	3.07~3.86	0.19	3.29c	5.67	0.79
50 mL 容重 50 mL volumetric weight（g）	CB	22.06~25.74	1.18	23.81a	4.96	3.68
	PTB	22.37~24.59	0.77	23.49b	3.28	2.22
	RTB	22.00~28.66	1.31	25.92c	5.05	6.66

2.6 不同类型荞麦品质性状与果实性状的相关性分析

结果如表 7 所示，由不同类型荞麦各性状 Pearson 相关性系数可知，甜荞种子粗蛋白含量与果实长宽比呈极显著正相关，与果实长呈显著正相关；黄酮含量与球蛋白含量、谷蛋白含量呈显著负相关，与果实各特征性状均无显著相关性；清蛋白含量与果实长宽比呈极显著负相关，球蛋白含量与谷蛋白含量显著性正相关，醇溶蛋白含量与谷蛋白含量呈极显著正相关；果实性状中，除果实长宽比、果实 50 mL 容重与其他性状无显著性相关关系，其余各性状之间均呈显著或极显著正相关。

金苦荞种子粗蛋白含量与醇溶蛋白含量、果实周长、果实长呈显著性负相关；总黄酮含量与各性状无显著性相关关系；清蛋白含量与果实千粒重、果实面积、果实周长呈极显著负相关，与果实长、果实宽、果实直径呈显著负相关；球蛋白含量与醇溶蛋白含量呈极显著正相关；果实性状中，果实千粒重与果实面积、果实周长、果实长、果实宽、果实直径呈显著或极显著正相关；果实面积与果实周长、果实长、果实宽、果实直径呈显著或极显著正相关；果实周长与果实果实宽、果实直径呈显著或极显著正相关；果实长宽比与果实长呈显著正相关；果实长和果实宽均与果实直径呈极显著正相关。

米苦荞种子总蛋白含量与黄酮含量呈显著性正相关，与清蛋白、球蛋白呈极显著正相关，与果实宽呈极显著负相关；总黄酮含量与果实千粒重、果实面积、果实直径呈显著负相关，与果实宽呈极显著负相关，与果实 50 mL 容重呈显著正相关；清蛋白含量与球蛋白含量呈极显著正相关；醇溶蛋白含量与谷蛋白含量呈显著正相关；果实性状中，果实千粒重与果实长宽比无显著相关关系；果实面积和果实周长与果实长宽比无显著相关性；果实长宽比与果实直径和 50 mL 容重无显著相关性。

表 7 不同类型荞麦品质性状与果实性状的相关性分析

Table 7 Correlation analysis between quality characters and fruit characters of buckwheat varieties

项目 Item	类型 Types	粗蛋白含量 Crude protein content	总黄酮含量 Total flavonoids content	清蛋白含量 Albumin content	球蛋白含量 Globulin content	醇溶蛋白含量 Gliadin content	谷蛋白含量 Glutenin content	千粒重 1 000-fruits weight	果实面积 Fruit area	果实周长 Fruit perimeter	果实长宽比 Fruit length-width ratio	果实长 Fruit length	果实宽 Fruit width	果实直径 Fruit diameter	50 mL 容重 50 mL volumetric weight
粗蛋白含量 Cude protein content	CB	1													
	GTB	1													
	RTB	1													
总黄酮含量 Total flavonoid content	CB	0.378	1												
	GTB	0.160	1												
	RTB	0.385*	1												
清蛋白含量 Albumin content	CB	-0.636	-0.296	1											
	GTB	0.608	-0.172	1											
	RTB	0.607**	0.103	1											
球蛋白含量 Globulin content	CB	-0.082	-0.711*	0.342	1										
	GTB	-0.371	-0.236	0.374	1										
	RTB	0.568**	0.084	0.576**	1										

醇溶蛋白含量 Gliadin content	CB	-0.125	-0.423	0.241	0.635	1									
	GTB	-0.726*	-0.220	-0.031	0.827**	1									
	RTB	-0.204	0.038	-0.082	-0.001	1									
谷蛋白含量 Glutenin content	CB	-0.316	-0.712*	0.326	0.759*	0.896**	1								
	GTB	-0.282	-0.565	-0.143	0.115	0.275	1								
	RTB	0.048	-0.068	0.190	0.240	0.340*	1								
果实千粒重 1 000-fruits weight	CB	0.535	-0.022	-0.493	-0.081	-0.269	-0.394	1							
	GTB	-0.651	-0.063	-0.871**	-0.196	0.292	0.292	1							
	RTB	-0.360*	-0.321*	-0.093	-0.059	0.169	0.022	1							
果实面积 Fruit area	CB	0.597	0.109	-0.288	-0.122	-0.175	-0.37	0.887**	1						
	GTB	-0.657	-0.182	-0.799**	-0.089	0.326	0.124	0.942**	1						
	RTB	-0.274	-0.351*	0.015	-0.036	0.250	0.105	0.837**	1						
果实周长 Fruit perimeter	CB	0.638	0.133	-0.370	-0.170	-0.253	-0.432	0.917**	0.993**	1					
	GTB	-0.711*	-0.228	-0.860**	-0.140	0.292	0.226	0.931**	0.968**	1					
	RTB	-0.267	-0.314	-0.037	-0.031	0.248	0.123	0.804**	0.981**	1					
果实长宽比 Fruit length -width radio	CB	0.719*	0.200	-0.823**	-0.249	-0.468	-0.414	0.409	0.216	0.320	1				
	GTB	-0.406	-0.544	-0.208	0.045	0.055	0.013	0.118	0.336	0.428	1				
	RTB	0.279	0.208	-0.018	0.278	0.015	0.126	-0.157	-0.030	0.146	1				
果实长 Fruit length	CB	0.744*	0.150	-0.533	-0.202	-0.342	-0.48	0.922**	0.938**	0.971**	0.537	1			
	GTB	-0.677*	-0.406	-0.711*	-0.085	0.235	0.156	0.746*	0.875**	0.922**	0.738*	1			
	RTB	-0.127	-0.186	-0.108	0.087	0.193	0.139	0.559**	0.744**	0.853**	0.624**	1			
果实宽 Fruit width	CB	0.368	0.076	-0.042	-0.085	-0.047	-0.271	0.775*	0.948**	0.909**	-0.102	.783*	1		
	GTB	-0.435	0.150	-0.732*	-0.150	0.284	0.215	0.903**	0.795*	0.737*	-0.287	0.434	1		
	RTB	-0.455**	-0.429**	-0.075	-0.204	0.195	0.03	0.829**	0.864**	0.775**	-0.503**	0.353*	1		
果实直径 Fruit diameter	CB	0.601	0.120	-0.306	-0.139	-0.176	-0.372	0.884**	0.999**	0.992**	0.222	0.940**	0.946**	1	
	GTB	-0.650	-0.176	-0.793*	-0.077	0.329	0.118	0.941**	0.999**	0.961**	0.320	0.864**	0.801**	1	
	RTB	-0.317	-0.371*	-0.038	-0.034	0.228	0.110	0.874**	0.992**	0.981**	-0.015	0.756**	0.867**	1	
50mL 容重 50mL volumetric weight	CB	0.061	-0.259	-0.525	0.218	-0.005	0.120	0.12	-0.322	-0.242	0.526	-0.079	-0.495	-0.325	1
	GTB	0.158	-0.197	0.398	0.374	0.176	0.640	-0.281	-0.449	-0.462	-0.429	-0.525	-0.149	-0.436	1
	RTB	0.149	0.321*	-0.008	0.104	-0.079	-0.057	-0.199	-0.517**	-0.517**	0.021	-0.354*	-0.458**	-0.520**	1

注：*表示在 0.05 水平上显著相关；**表示在 0.01 水平上极显著相关。

Note： * means significant correlation at 0.05 level； ** means extremely significant correlation at 0.01 level.

3 讨论

3.1 荞麦种子品质

本研究对自交可育甜荞、米苦荞、金苦荞的粗蛋白和总黄酮含量进行比较，发现不同品种（系）间存在显著差异，其中金苦荞的粗蛋白、谷蛋白和黄酮含量均为最高，米苦荞的黄酮和谷蛋白含量均高于甜荞。由于金苦荞本身就具有适应性强、抗逆性强、再生能力强等优良性状，可以实现一次播种多次收获（陈庆富，2018），所以今后的荞麦育种工作中应该将金苦荞列为一个重要的育种对象。荞麦难脱壳一直是困扰荞麦产业化的最大问题之一，而米苦荞有壳薄，易脱壳的特点，因此高蛋白、高黄酮、易脱壳的米苦荞品系也具有较高的育种价值。甜荞的粗蛋白含量较高，但黄酮含量普遍较低，因此甜荞的育种工作主要在提高其粗蛋白含量，作为一个荞麦蛋白质来源。谷蛋白是面团面筋蛋白的主要成分，本研究发现甜荞、金苦荞、米苦荞的谷蛋白含量分别为 2.66%、3.36%、2.80%，其含量对荞麦面粉面团有一定的意义。

目前，关于荞麦蛋白质和黄酮含量的研究主要集中在甜荞和常规苦荞上，关于新类型荞麦的相关研究相对较少。刘三才等（2007）对 76 份苦荞资源进行研究发现，苦荞种子总黄酮含量平均值为 2.46%，蛋白质含量平均值为 14.30%；饶庆琳等（2016）报道了 100 份薄壳苦荞黄酮含量的均值为 2.078%；时政等（2011）研究了荞麦在不同生态区的表现，表明了 7 种甜荞蛋白含量变异范围为 13.79%~20.96%，黄酮含量变异范围 0.04%~0.25%；本研究结果与前人基本一致，与王世霞等（2015）的结果有一定的差异，造成差异的原因可能是研究材料、栽培环境的不同，作物的品质的除了受基因控制外，栽培地点的不同也会造成品质的变化（时政等，2011）。本研究发现新类型荞麦中金苦荞的粗蛋白、总黄酮含量都要显著高于米苦荞和甜荞，结果预示着金苦荞在优质荞麦品种的选育上具有优势，在荞麦产业化研究中将扮演越来越重要的角色，新类型苦荞也将是荞麦遗传育种的一个新方向。本研究筛选出来的高蛋白、高黄酮含量的荞麦品系可以在育种中和生产上应用，提高荞麦新品种和新产品的营养保健价值。

3.2 荞麦果实性状与种子品质的关系

关于荞麦果实性状与种子品质的相关性研究报道较少，吕丹等（2020）对苦荞籽粒黄酮含量与籽粒性状的相关性分析发现，苦荞籽粒黄酮含量与籽粒面积、籽粒周长均呈显著正相关。本研究结果与其存在一定差异，推测很大程度上是因为试验材料类型不同所致。本研究发现，甜荞的粗蛋白含量与果实长宽比、果实长呈极显著或显著性正相关；金苦荞的粗蛋白含量与果实长呈显著性负相关；米苦荞的粗蛋白含量与果实宽呈极显著负相关，总黄酮含量与果实面积、果实宽、果实直径、50 mL 容重的相关性显著或极显著。因此，在今后的育种工作中可以通过相关性状选择提高育种效益，以便培育出高蛋白、高黄酮含量的新类型荞麦品种。

参考文献：

CHEN QF, 1999. Wide hybridization among *Fagopyrum* (Polygonaceae) species native to China [J]. Bot J Linn Soc, 131 (2): 177-185.

CHEN QF, 2012. Plant sciences on genus *Fagopyrum* [M]. Beijing: Science Press: 1-352. [陈庆富，2012. 荞麦属植物科学[M]. 北京：科学出版社：1-352.]

CHEN QF, 2018. The status of buckwheat production and recent progresses of breeding on new type of cultivated buckwheat [J]. J Guizhou Norm Univ (Nat Sci Ed) 36 (3): 1-7. [陈庆富，2018. 荞麦生产状况及新类型栽培荞麦育种研究的最新进展[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 36 (3)：1-7.]

CHEN QF, CHEN QJ, SHI TX, et al., 2015. Inheritance of tartary buckwheat thick shell character and its relationships with yield factors [J]. Crop, (2): 27-30. [陈庆富，陈其皎，石桃雄，等，2015. 苦荞厚果壳性状的遗传及其与产量因素的相关性研究[J]. 作物杂志，(2)：27-30.]

CHEN QF, HUANG XY, LI HY, et al., 2018. Recent progress in perennial buckwheat development [J]. Sustainability, 10 (536): 1-17.

CHUI YS, WANG Y, YANG LJ, et al., 2019. Genetic analysis of fruit hull rate and related traits on tartary buckwheat [J]. Crop, (2): 51-60. [崔娅松，王艳，杨丽娟，等，2019. 米苦荞果壳率及其相关性状的遗传研究[J]. 作物杂志，(2)：51-60.]

DU SK, LI ZX, YU XZ, 2004. Research progress on buckwheat protein [J]. Food Sci, 25 (10): 409-414. [杜双奎，李志西，于修烛，2004. 荞麦蛋白研究进展[J]. 食品科学，25 (10)：409-414.]

GUO C, 2016. The style types and segregation of fecundity and SSR molecular marker about the hybrids from the self-fertile common buckwheat [D]. Yangling: Northwest A & F University: 1-42. [郭超，2016. 自花结实甜荞杂交后代花柱类型、结实性分离及其 SSR 标记[D]. 杨凌：西北农林科技大学：1-42.]

HOU YF, 2018. The inheritance analysis of main agronomic traits about the hybrids from the self-fertile buckwheat [D]. Yangling: Northwest A&F University: 1-43. [侯亚芳，2018. 自交可育甜荞杂交后代主要性状的遗传特性分析[D]. 杨凌：西北农林科技大学：1-43.]

KAYASHITA J, SHUMAOKA I, NAKAJOH M, et al., 1995. Hypocholesterolemic effect of buckwheat protein extract in rails fed cholesterol enriched diets [J]. Nutr Res, 15 (5): 691-698.

KAYASHITA J, SHUMAOKA I, NAKAJOH M, et al., 1997. Consumption of buckwheat protein lowers plama cholesterol and raises fecal neutral sterols in cholesterol-fed rats because of its low digestibility [J]. J Nutr, 127 (7): 1395-1400.

KAYASHITA J, SHUMAOKA I, NAKAJOH M, et al., 1999. Consumption of a buckwheat protein extract retards 7, 12-dimethylbenz(α)anthracene-induced mammary carcinogensis in rats [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 63 (10): 1837-1839.

LI AR, 1998. Flora of china [M]. Beijing: Science Press: 1-242. [李安仁，1998. 中国植物志[M]. 北京：科学出版社：1-242.]

LI Y, SONG ZX, HU WQ, et al., 2013. Correlation between the contents of protein and flavonoids and the environment in different varieties of buckwheat [J]. Jiangsu Agric Sci, 41 (5): 79-82. [李月，宋志新，胡文强，等，2013. 不同品种荞麦蛋白质和黄酮含量与环境的相关性[J]. 江苏农业科学，41 (5)：79-82.]

LI YH, 2011. Technical guidelines for protein analysis experiments [M]. Beijing: Higher Education Press: 1-268. [李玉花，2011. 蛋白质分析实验技术指南[M]. 北京：高等教育出版社：1-268.]

LIU SC, LI WX, LIU F, et al., 2007. Identificaiton and evaluation of total flavones and protein content in tartary buckwheat germplasm [J]. J Plant Genet Resour, 8 (3): 317-320.[刘三才，李为喜，刘方，等，2007. 苦荞麦种质资源总黄酮和蛋白质含量的测定与评价[J]. 植物遗传资源学报，8 (3)：317-320.]

LÜ D, LI RY, ZHENG R, et al., 2020. Variation analysis of flavonoids content in seeds and seed traits of tartary buckwheat germplasm resources [J]. Mol Plant Breed, 18 (14): 4762-4774. [吕丹，黎瑞源，郑冉，等，2020. 苦荞种质资源籽粒黄酮含量及籽粒性状的变异分析[J]. 分子植物育种，18 (14)：4762-4774.]

LIU ZH, ISHIKAWA W, HUANG XX, et al., 2001. A buckwheat protein product suppresses 1, 2-dimethylhy-drazine induced colon carcinogenesis in rats by reducing cell prolifer-ation [J]. J Nutr, 131 (6): 1850-1853.

PU SH, GAO Y, ZHAO ZF, et al., 2019. Research progress on bioactive components and health benefits of tartary buckwheat [J]. Sci Technol Food Ind, 40 (8): 331-336. [蒲升惠，高颖，赵志峰，等，2019. 苦荞中活性物质及其保健功效研究进展[J]. 食品工业科技，40 (8)：331-336.]

RAO QL, CHEN QJ, CHEN QF, 2016. Variation of total flavonoids in grain of tartary buckwheat and its correlation with main production components [J]. Jiangsu Agric Sci, 44 (10): 333-336. [饶庆琳，陈其皎，陈庆富，2016. 薄壳苦荞品系籽粒总黄酮含量变异及与主要产量构成要素间的相关性[J]. 江苏农业科学，44 (10)：333-336.]

RUAN JJ, CHEN H, 2008. Buckwheat Protein: Study progress and prospective application [J]. J Chin Oils Assn, 23 (3): 209-213. [阮景军，陈惠，2008. 荞麦蛋白的研究进展与展望[J]. 中国粮油学报， 23 (3)：209-213.]
SHI Z, HUANG KF, WANG Y, et al., 2011. Variation of protein and flavonoid content in buckwheat from different ecological regions in Guizhou province [J]. Jiangsu Agric Sci, 39 (4): 70-72. [时政，黄凯丰，王莹，等，2011. 贵州省不同生态区荞麦蛋白质、黄酮含量变异研究[J]. 江苏农业科学，39 (4)：70-72.]
SHU SG, FEN B, WANG T, 2005. Study on protein of Buckwheat seeds [J]. Seed, 24(12): 42-49. [舒守贵，冯波，王涛，2005. 荞麦种子的蛋白质研究[J]. 种子，24 (12)：42-49.]
TOMOTAKE H, SHIMAOKA I, KAYASHIA J, et al., 2002. Physicochemical and function al properties of buckwheat protein product[J]. J Agric & Food Chem, 50(7):2125-2129.
WANG HW, QIAO ZH, REN WY, et al., 2002. Antiproliferative effect of tartary buckwheat trypsin inhibitor on HL-60 cells [J]. J Shanxi Med Univ, 33 (1): 3-5. [王宏伟，乔振华，任文英，等，2002. 苦荞胰蛋白酶抑制剂对 HL-60 细胞增殖的抑制作用[J]. 山西医科大学学报，33 (1)：3-5.]
WANG LY, RONG YP, CHEN QF , et al., 2019. Analysis and evaluation of the flavonoid content of rhizomes of 211 different golden buckwheat accessions (*Fagopyrum cymosum* complex)[J]. J Guizhou Norm Univ (Nat Sci Ed), 37 (4):25-30. [王璐瑗，荣玉萍，陈庆富，等，2019. 211 份金荞麦收集系根茎黄酮含量的分析评价[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版)，37 (4)：25-30.]
WANG SX, LIU S, LI XR, et al., 2015. A comparative analysis of nutrition components and active ingredient in common and tartary buckwheat [J]. Sci Technol Food Ind, 36 (21): 78-82. [王世霞，刘珊，李笑蕊，等，2015. 甜荞麦与苦荞麦的营养及功能活性成分对比分析[J]. 食品工业科技，36 (21)：78-82.]
WANG T, DUAN SM, 2012. Study on ultra-sonic extraction technology of total flavones in tartary buckwheat [J]. Food Eng, (4): 27-30. [王涛，段淑敏，2012. 超声波提取苦荞麦总黄酮的工艺探索[J]. 食品工程，(4)：27-30.]
YANG LJ, SHI TX, CHEN QF, et al., 2020. Effects of sowing season and planting methods on main agronomic traits of perennial tartary buckwheat [J]. Guihaia, 40 (6):812-822. [杨丽娟，石桃雄，陈庆富，等，2020. 播种季节和种植方式对多年生苦荞主要农艺性状的影响[J]. 广西植物，40 (6):812-822.]
YANG YX, 2008. Studies on genetic diversity of buckwheat germplasms [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University: 1-110. [杨玉霞，2008.荞麦种质资源遗传多样性研究[D]. 雅安：四川农业大学：1-110.]
YIN LG, ZHONG G, LIU X, et al., 2002. Research progress on nutritional characteristics, physiological function and medicinal value of buckwheat [J]. Cereals & Oils, 33(5): 32-34. [尹礼国，钟耕，刘雄，等，2002. 荞麦营养特性、生理功能和药用价值研究进展.粮食与油脂[J]. 33 (5)：32-34.]
ZHANG QD, DENG J, CHEN QF, et al., 2017. Analysis of protein components in different cultivars of common buckwheat planted in different altitude areas [J]. Guihaia, 37 (4): 524-532. [张启迪，邓娇，陈庆富，等，2017. 甜荞不同品种不同海拔地区种子蛋白组分含量研究[J]. 广西植物，37 (4)：524-532.]
ZHANG Z, WANG ZH, LIU FY, et al., 1999. Studies on nutrition and antisenescence function of protein complex from tartary buckwheat [J]. Acta Nutr Sin, 21 (2): 43-46. [张政，王转花，刘

凤艳，等，1999. 苦荞蛋白复合物的营养成分及其抗衰老作用的研究[J]. 营养学报，21 (2)：43-46.]

ZHAO F, WANG ZH, 2008. Progress on bioactive compounds in buckwheat[J]. Food & Durg, 10 (1): 58-61. [赵飞，王转花，2008. 荞麦生物活性物质的研究进展[J]. 食品与药品，10 (1)：58-61.]